

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-121600

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

G01N 27/41
G01N 27/26

(21)Application number : 10-290261

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 13.10.1998

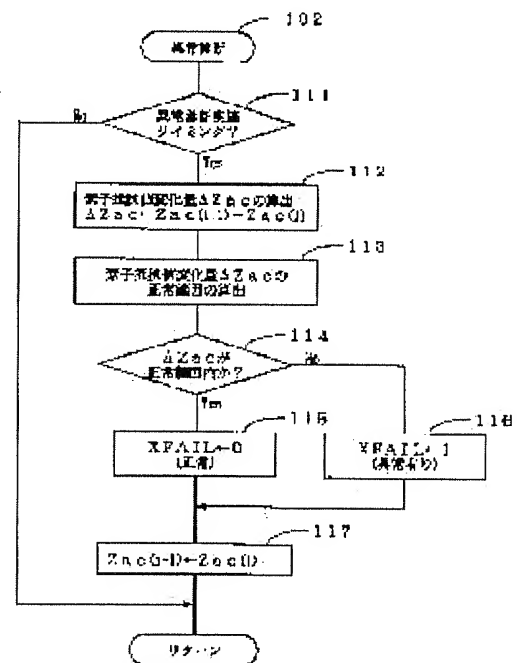
(72)Inventor : TOUWAKI CHIHIRO

(54) DIAGNOSTIC APPARATUS FOR ABNORMALITY OF OXYGEN- CONCENTRATION DETECTING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make diagnosable an abnormality of a laminated oxygen- concentration sensor without detecting electric power supplied to a heater, in a system which uses the laminated oxygen- concentration sensor with the heater.

SOLUTION: In every abnormality-diagnosis execution timing, an element- resistance-value change amount Δ Zac is found on the basis of the difference between a previous element resistance value Zac(i-1) and a recent element resistance value Zac(i) (Steps 111 and 112). The normal range of the element- resistance-value change amount Δ Zac according to the element- resistance-value Zac(i-1) is calculated by a map or the like (Step 113). After that, whether the element- resistance-value change amount Δ Zac is in a normal range or not is judged (Step 114). When it is within the normal range, an oxygen concentration sensor is judged to be normal, and an abnormality generation flag XFAIL is maintained at '0' (Step 115). When the element- resistance-value change amount Δ Zac is outside the normal range, it is judged that an abnormality is generated in the oxygen concentration sensor, and the abnormality generation flag XFAIL is set at '1' (Step 116).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3427749

[Date of registration] 16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-121600

(P2000-121600A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 N 27/41		G 0 1 N 27/46	3 2 5 N
27/26	3 9 1	27/26	3 9 1 A

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-290261

(22) 出願日 平成10年10月13日 (1998. 10. 13)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 東脇 千裕

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74) 代理人 100098420

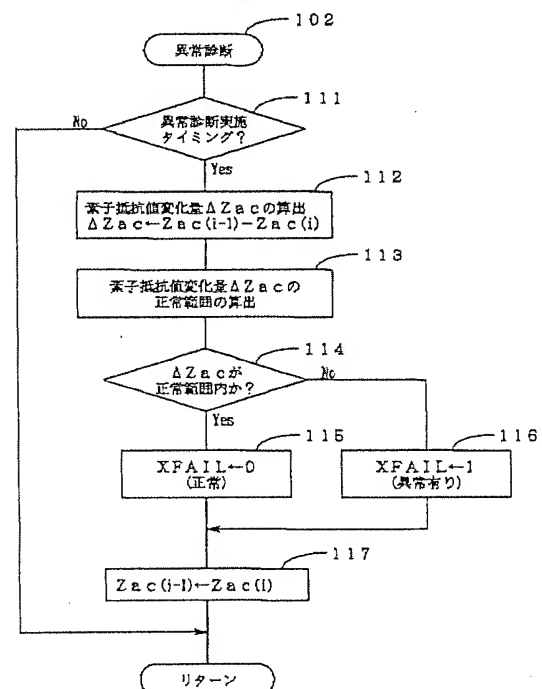
弁理士 加古 宗男

(54) 【発明の名称】 酸素濃度検出システムの異常診断装置

(57) 【要約】

【課題】 ヒータ付きの積層型酸素濃度センサを用いたシステムにおいて、ヒータ供給電力を検出しなくても、酸素濃度センサの異常診断を可能にする。

【解決手段】 異常診断実施タイミング毎に前回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i-1)$ と今回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ との差から素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} を求め (ステップ111, 112)、素子抵抗値 $Z_{ac}(i-1)$ に応じた素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲をマップ等により算出する (ステップ113)。その後、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲であるか否かを判定し (ステップ114)、正常範囲内であれば、酸素濃度センサが正常と判断して、異常発生フラグ $XFAIL$ を「0」に維持し (ステップ115)、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲外であれば、酸素濃度センサに異常が発生していると判断して、異常発生フラグ $XFAIL$ を「1」にセットする (ステップ116)。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検出ガス中の酸素濃度に応じた電流が流れるセンサ素子と該センサ素子を加熱するヒータとが積層された積層型の酸素濃度センサと、前記センサ素子の抵抗値（以下「素子抵抗値」という）を検出する素子抵抗値検出手段と、この素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値に基づいて前記ヒータへの通電を制御するヒータ制御手段とを備えた酸素濃度検出システムにおいて、

前記素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値の変化に基づいて前記酸素濃度センサの異常の有無を診断する異常診断手段を備えていることを特徴とする酸素濃度検出システムの異常診断装置。

【請求項 2】 前記異常診断手段は、前記素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値と該素子抵抗値の変化量とに基づいて前記酸素濃度センサの異常の有無を診断することを特徴とする請求項 1 に記載の酸素濃度検出システムの異常診断装置。

【請求項 3】 被検出ガス中の酸素濃度に応じた電流が流れるセンサ素子と該センサ素子を加熱するヒータとが積層された積層型の酸素濃度センサと、前記センサ素子の抵抗値（以下「素子抵抗値」という）を検出する素子抵抗値検出手段と、この素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値に基づいて前記ヒータへの通電を制御するヒータ制御手段とを備えた酸素濃度検出システムにおいて、

前記ヒータへの通電が所定値以上である状態が所定時間継続した時の前記素子抵抗値を判定値と比較して前記酸素濃度センサの異常の有無を診断する異常診断手段を備えていることを特徴とする酸素濃度検出システムの異常診断装置。

【請求項 4】 被検出ガス中の酸素濃度に応じた電流が流れるセンサ素子と該センサ素子を加熱するヒータとが積層された積層型の酸素濃度センサと、前記センサ素子の抵抗値（以下「素子抵抗値」という）を検出する素子抵抗値検出手段と、この素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値に基づいて前記ヒータへの通電を制御するヒータ制御手段とを備えた酸素濃度検出システムにおいて、

前記ヒータへの通電開始から所定時間継続した時の前記素子抵抗値を判定値と比較して前記酸素濃度センサの異常の有無を診断する異常診断手段を備えていることを特徴とする酸素濃度検出システムの異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、酸素濃度センサの異常の有無を診断する酸素濃度検出システムの異常診断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、酸素濃度センサは、その出力電

圧の温度依存性が大きいので、酸素濃度の検出精度を良好に維持するには素子温度を適温（活性温度）に保つ必要がある。そのため、酸素濃度センサにヒータを付設し、このヒータの発熱により素子温度を活性温度に保つようにヒータへの通電を制御するようにしたものがある。この場合、センサ素子の温度に応じてセンサ素子の抵抗値が変化することに着目し、素子温度の代用情報として素子抵抗値を検出し、この素子抵抗値を目標抵抗値に一致させるようにヒータへの通電を制御することで、素子温度を活性温度に保つように制御するようにしたものがある。

【0003】このような酸素濃度検出システムでは、例えば、特開平 8-271475 号公報に示すように、ヒータの印加電圧と電流を検出し、検出した電圧と電流とを乗算してヒータへの供給電力（以下「ヒータ電力」という）を算出し、このヒータ電力に基づいて酸素濃度センサの異常診断を実施するようにしたものがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、酸素濃度センサには、いわゆる「コップ型」と「積層型」とがある。コップ型の酸素濃度センサは、構造上、ヒータとセンサ素子との間に隙間が存在するため、ヒータ温度に対する素子温度の追従性が悪く、センサ素子を活性温度まで昇温させる過程で、ヒータ温度と素子温度との温度差が大きくなる。このため、センサ素子の昇温過程で、ヒータの過昇温を防止するために、ヒータ電力を目標電力に制御するヒータ電力制御を実施して、ヒータ温度を許容温度内に維持しながら、素子温度を活性温度付近まで上昇させてから、素子抵抗値に基づくフィードバック制御に移行する必要がある。従って、コップ型の酸素濃度センサを用いたシステムでは、ヒータ電力制御を実施するためのヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路が必要となり、その分、回路構成が複雑化する欠点がある。

【0005】これに対して、積層型の酸素濃度センサは、ヒータがセンサ素子に積層されて両者が密着しているため、ヒータ温度に対する素子温度の追従性が良く、センサ素子の昇温過程でもヒータ温度と素子温度との温度差が小さい。このため、センサ素子の昇温過程でも素子温度（素子抵抗値）でヒータ温度を監視できるため、センサ素子の昇温過程でも素子抵抗値に基づいて素子温度を目標温度にフィードバック制御すれば、ヒータの過昇温を防止でき、上述したヒータ電力制御は不要となる。従って、積層型の酸素濃度センサを用いたシステムでは、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路が不要で、回路構成を簡単化できる利点がある。

【0006】しかし、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路が無くなると、ヒータ電力を検出できないため、上記公報のようなヒータ電力に基づく異常診断ができなくなってしまう。このため、例えば、センサ素子の配線の断線等により素子抵抗値が無限大（素子温度が低い）

と誤判定されるような異常が発生しても、異常とは検出されずにヒータに大きな電力が供給され続けて過熱状態となってしまう、ヒータの焼損やセンサ素子の焼損に至ってしまう。

【0007】本発明はこのような事情を考慮してなされたものであり、従ってその目的は、積層型の酸素濃度センサを用いた酸素濃度検出システムにおいて、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサの異常診断を行うことができる酸素濃度検出システムの異常診断装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1は、積層型の酸素濃度センサを用いた酸素濃度検出システムにおいて、センサ素子の素子抵抗値を素子抵抗値検出手段により検出し、その素子抵抗値に基づいてヒータへの通電をヒータ制御手段で制御すると共に、素子抵抗値の変化に基づいて酸素濃度センサの異常の有無を異常診断手段により診断する。つまり、本発明は、センサ素子やヒータの断線、短絡等の異常が発生すると、素子抵抗値の変化がヒータの通電状況から予想される素子温度の変化とは異なる異常な挙動を示すことに着目し、素子抵抗値の変化に基づいて酸素濃度センサの異常診断を行うものである。これにより、ヒータ電力を検出しなくても、酸素濃度センサの異常診断を行うことが可能となり、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサの異常診断を行うことができる。しかも、積層型の酸素濃度センサを用いたシステムでは、前述したように、センサ素子の昇温過程でも、ヒータとセンサ素子の温度差が小さいため、ヒータ電力制御を行わなくても、素子抵抗値（素子温度）に基づいてヒータへの通電を制御することで、ヒータの過昇温を防止しながら、センサ素子を活性温度まで速やかに昇温させることができる。

【0009】この場合、図2に示すように、素子温度に対する素子抵抗値の変化量は、素子温度に応じて変化するため、酸素濃度センサが正常な時のヒータ制御で生じる素子抵抗値の変化量の正常範囲は、素子温度（素子抵抗値）に応じて変化する。

【0010】このような素子抵抗値の温度特性に着目して、請求項2のように、素子抵抗値検出手段で検出した素子抵抗値と該素子抵抗値の変化量に基づいて酸素濃度センサの異常の有無を診断するようにしても良い。つまり、素子抵抗値の温度特性を考慮して、予め素子抵抗値の変化量の正常範囲を素子抵抗値（素子温度）に応じて設定しておき、ヒータ制御する際に、その時点の素子抵抗値の変化量がその時点の素子抵抗値における変化量の正常範囲内であるか否かにより異常の有無を診断する。このようにすれば、正常な素子抵抗値の変化量が素子抵抗値に応じて変化するのに対応した適正な診断基準で異

常診断を実施することができ、異常診断精度を向上することができる。

【0011】また、酸素濃度センサが正常であれば、ヒータに比較的大きな電力で通電し続けると、素子温度が上昇して素子抵抗値が低下する。従って、ヒータに比較的大きな電力で通電し続けても、素子抵抗値が正常に低下しない場合には、例えばヒータの断線、接続不良等によるヒータの発熱不良や、素子抵抗値検出系の異常が考えられる。

【0012】そこで、請求項3のように、ヒータへの通電が所定値以上である状態が所定時間継続した時の素子抵抗値を、その時点の素子抵抗値の正常範囲を考慮して予め設定した判定値と比較して酸素濃度センサの異常の有無を診断するようにしても良い。つまり、ヒータへの通電が所定値以上である状態が所定時間継続しても、素子抵抗値が判定値以下に低下しないときには、例えばヒータの発熱不良や素子抵抗値検出系の異常が考えられるため、酸素濃度センサの異常有りとして診断する。このようにすれば、前記請求項1と同じく、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサの異常診断を行うことができる。

【0013】一般に、ヒータへの通電開始時は、素子温度が低いため、素子温度を活性温度まで上昇させるために、比較的大きな電力で通電される。従って、酸素濃度センサが正常であれば、ヒータへの通電開始から時間が経過するに従って、素子温度が上昇して素子抵抗値が低下する。

【0014】この点に着目し、請求項4のように、ヒータへの通電開始から所定時間継続した時の素子抵抗値を、その時点の素子抵抗値の正常範囲を考慮して予め設定した判定値と比較して酸素濃度センサの異常の有無を診断するようにしても良い。つまり、ヒータへの通電開始から所定時間継続した時の素子抵抗値が判定値以下に低下しない時には、例えばヒータの発熱不良や素子抵抗値検出系の異常が考えられるため、酸素濃度センサの異常有りとして診断する。このようにすれば、前記請求項1と同じく、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサの異常診断を行うことができる。

【0015】

【発明の実施の形態】《実施形態（1）》以下、本発明を空燃比制御システムに適用した実施形態（1）を図1乃至図7に基づいて説明する。エンジンの排気管（図示せず）には、積層型の酸素濃度センサ11が設置されている。この酸素濃度センサ11は、限界電流式の酸素濃度センサ（空燃比センサとも呼ばれている）であり、排出ガス中の酸素濃度（空燃比）にほぼ比例する限界電流を発生する。この酸素濃度センサ11のセンサ素子12は、活性温度が高く（約600～700℃以上）、しかも、活性温度範囲が狭いため、排出ガスの熱のみでは、

活性温度範囲を維持することが困難である。そこで、この酸素濃度センサ 11 には、ヒータ 13 を内蔵し、このヒータ 13 の発熱によりセンサ素子 12 の温度（素子温度）を活性温度範囲に維持するようにヒータ 13 への通電を制御する。ここで使用する積層型の酸素濃度センサ 11 は、ヒータ 13 とセンサ素子 12 との間の伝熱性を良くするために、ヒータ 13 をセンサ素子 12 に密着させるように積層したものである。

【0016】この酸素濃度センサ 11 のヒータ 13 は、一端がバッテリー電源（+B）に接続され、他端がスイッチング素子、例えば MOSFET 14 のドレインに接続されている。この MOSFET 14 は、ソースがグランド側に接続され、ゲートがマイクロコンピュータ（以下「マイコン」と略記する）15 の出力ポートに接続されている。このマイコン 15 で MOSFET 14 のオン／オフを制御することによってヒータ 13 の通電率（ヒータデューティ）が制御される。

【0017】次に、センサ素子 12 の印加電圧を制御するセンサ駆動回路の構成を説明する。電源電圧 V_c を 3 個の抵抗 R_2 、 R_3 、 R_4 で分圧することで、第 1 電圧 V_1 と第 2 電圧 V_2 を発生し、これら各電圧 V_1 、 V_2 をそれぞれオペアンプ 16、17 の非反転入力端子

（+）に入力する。第 1 電圧 V_1 が入力されるオペアンプ 16 の出力端子は、センサ素子 12 のプラス側端子 A_F+ に接続されている。このオペアンプ 16 は、反転入力端子（-）と出力端子とが接続され、ボルテージホロウとして動作する。これにより、オペアンプ 16 の非反転入力端子（+）に入力される第 1 電圧 V_1 がオペアンプ 16 の出力電圧と等しくなり、この第 1 電圧 V_1 がセンサ素子 12 のプラス側端子 A_F+ に印加される。

【0018】一方、第 2 電圧 V_2 が入力されるオペアンプ 17 の出力端子は、抵抗 R_5 を介して 2 つの抵抗 R_6 と R_7 の中間接続点に接続され、この中間接続点に生じる電圧 V_3 がオペアンプ 18 の非反転入力端子（+）に入力される。一方の抵抗 R_6 は PNP 型のトランジスタ T_{r1} を介して電源電圧 V_c 側に接続され、他方の抵抗 R_7 は NPN 型のトランジスタ T_{r2} を介してグランド側に接続されている。各トランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} のベースは、それぞれ抵抗 R_8 、 R_9 を介してマイコン 15 の出力ポートに接続され、このマイコン 15 によってトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} のオン／オフが切り換えられる。

【0019】また、オペアンプ 18 の非反転入力端子（+）とグランドとの間には、ノイズ除去、サージ吸収用のコンデンサ C_1 が接続されている。このオペアンプ 18 の出力端子は、抵抗 R_1 を介してセンサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- に接続され、該オペアンプ 18 の反転入力端子（-）もセンサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- 側に接続されている。これにより、センサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- には、オペアンプ 18 の非反

転入力端子（+）に入力される電圧 V_3 が印加され、該マイナス側端子 A_F- 側に接続された抵抗 R_1 には、センサ素子 12 を流れる素子電流 I_p （排出ガス中の酸素濃度に応じて流れる限界電流）が流れる。センサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- に印加される電圧 V_3 は、後述するようにトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} のオン／オフによって切り換えられる。

【0020】通常時（酸素濃度検出時）には、2 つのトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} が共にオフ状態に維持される。この状態では、オペアンプ 17 から出力される第 2 電圧 V_2 がそのままオペアンプ 18 の非反転入力端子（+）に入力されるため（ $V_2 = V_3$ ）、センサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- には、第 2 電圧 V_2 が印加される。この時の抵抗 R_1 の両端の電圧 V_a 、 V_b が A/D 変換器 19 を介してマイコン 15 に入力される。マイコン 15 は A/D 変換器 19 から入力された抵抗 R_1 の両端の電圧 V_a 、 V_b から抵抗 R_1 を流れる電流、つまりセンサ素子 12 を流れる素子電流 I_p を次式により求める。

$$I_p = (V_b - V_a) / R_1$$

この素子電流 I_p から排出ガスの酸素濃度（空燃比）を算出する。

【0021】また、素子抵抗値 Z_{ac} を検出する場合には、センサ素子 12 の印加電圧（本実施形態ではマイナス側端子 A_F- の印加電圧）を図 7 に示すように掃引して、その時の電圧変化 ΔV と、その電圧変化 ΔV によって生じる電流変化 ΔI とから次式により素子抵抗値 Z_{ac} を算出する。

$$Z_{ac} = \Delta V / \Delta I$$

【0022】この素子抵抗値 Z_{ac} の算出方法を詳しく説明すると、まず、通常時に、2 つのトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} を共にオフ状態に保持してセンサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- に第 2 電圧 V_2 を印加し、この状態で、掃引直前の時点 t_1 の抵抗 R_1 の両端の電圧 $V_a(t_1)$ 、 $V_b(t_1)$ から、その時点 t_1 の素子電流 $I_p(t_1)$ を次式により算出する。

$$I_p(t_1) = \{V_b(t_1) - V_a(t_1)\} / R_1$$

【0023】この後、センサ素子 12 のマイナス側端子 A_F- 側の印加電圧（以下単に「素子印加電圧」という）を掃引するために、2 つのトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} のうちのトランジスタ T_{r2} のみをオンする。これにより、オペアンプ 18 の非反転入力端子（+）の入力電圧 V_3 が抵抗 R_7 を介してグランド側にプルダウンされるため、該入力電圧 V_3 が低下し、素子印加電圧が図 7 に示すように掃引される。この掃引中の時点 t_2 の抵抗 R_1 の両端の電圧 $V_a(t_2)$ 、 $V_b(t_2)$ から、その時点 t_2 の素子電流 $I_p(t_2)$ を次式により算出する。

$$I_p(t_2) = \{V_b(t_2) - V_a(t_2)\} / R_1$$

【0024】そして、掃引直前の時点 t_1 の素子電流 $I_p(t_1)$ と素子印加電圧 $V_3(t_1)$ 、掃引中の時点 t_2 の素子

電流 $I_p(t_2)$ と素子印加電圧 $V_3(t_2)$ を用いて、素子 * * 抵抗値 Z_{ac} を次式により算出する。

$$Z_{ac} = \Delta V / \Delta I \\ = \{V_3(t_2) - V_3(t_1)\} / \{I_p(t_2) - I_p(t_1)\}$$

【0025】尚、掃引終了後は、素子電流 I_p を速やかに通常状態に収束させるために、トランジスタ T_{r1} をオン、トランジスタ T_{r2} をオフすることで、オペアンプ 18 の非反転入力端子 (+) の入力電圧 V_3 を抵抗 R_6 を介して電源 V_c 側にプルアップして、該入力電圧 V_3 を上昇させる。これにより、図 7 に示すように、掃引終了後に素子印加電圧を反対側（電圧増加側）に振る戻し処理を実施して、掃引中にセンサ素子 12 の容量成分に蓄えられた電荷の放電を促進させ、この状態を掃引時間と同じ時間だけ保持して、センサ素子 12 の容量成分による充電電荷を放電し終えた時点で、2 つのトランジスタ T_{r1} 、 T_{r2} を共にオフして、素子印加電圧を通常時の電圧（第 2 電圧 V_2 ）に戻す。

【0026】尚、上記の説明では、掃引時に素子印加電圧を電圧低下側に掃引し、掃引後の戻し処理時に素子印加電圧を電圧増加側に振るようにしたが、これとは反対に、掃引時に素子印加電圧を電圧増加側に掃引し、掃引後の戻し処理時に素子印加電圧を電圧低下側に振るようにしても良い。

【0027】ところで、酸素濃度センサ 11 の素子抵抗値 Z_{ac} は、図 2 に示すように、素子温度に依存し、素子温度が上昇するに従って、素子抵抗値 Z_{ac} が低下する。そこで、マイコン 15 は、後述する図 4 及び図 5 のヒータ制御用のルーチンを実行することで、素子温度の代用情報として酸素濃度センサ 11 の素子抵抗値 Z_{ac} を算出し、この素子抵抗値 Z_{ac} に基づいて素子温度を判定し、該素子温度を活性温度範囲に維持するようにヒータ 13 への通電をフィードバック制御すると共に、素子抵抗値 Z_{ac} の変化に基づいて酸素濃度センサ 11 の異常の有無を診断する。

【0028】ここで、本実施形態（1）のヒータ制御の概要を図 3 のタイムチャートを用いて説明する。図 3 は、エンジン始動後にセンサ素子 12 を活性化し、素子温度を活性温度に制御する過程を示している。ヒータ 13 への通電開始から素子温度が活性温度付近に達するまでの期間は、「100%通電制御」を実施する。この 100%通電制御は、ヒータ 13 への通電率（ヒータデューティ）を 100%に維持して素子温度の上昇を促進する制御である。この 100%通電制御により、素子温度が活性温度付近に上昇した時点で、100%通電制御を終了し、素子抵抗値に基づくフィードバック制御に移行して、素子抵抗値を目標抵抗値に一致させるようにヒータデューティを制御することで、素子温度を活性温度に保つように制御する。

【0029】前述したように、コップ型の酸素濃度センサを用いたシステムでは、ヒータとセンサ素子との間に隙間が存在して、ヒータ温度に対する素子温度の追従性

が悪い場合、センサ素子を活性温度まで昇温させる過程で、ヒータの過昇温を防止するために、ヒータ電力を目標電力に制御するヒータ電力制御を実施して、ヒータ温度を許容温度内に維持しながら、素子温度を活性温度付近まで上昇させた後に素子抵抗値フィードバック制御に移行する必要がある。

【0030】これに対して、本実施形態（1）のように、積層型の酸素濃度センサ 11 を用いたシステムでは、ヒータ 13 とセンサ素子 12 との間の伝熱性が良く、センサ素子 12 の昇温過程でも、ヒータ温度と素子温度との温度差が小さいため、ヒータ電力制御を行う必要がなく、素子抵抗値フィードバック制御により、ヒータ温度を許容温度内に保ちながら、素子温度を活性温度に上昇させることができる。このため、本実施形態

（1）のように、積層型の酸素濃度センサ 11 を用いたシステムでは、ヒータ電力を検出するためのヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路が不要である。

【0031】しかし、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路が無くなると、ヒータ電力を検出できないため、従来のようなヒータ電力に基づく酸素濃度センサ 11 の異常診断を行うことができない。

【0032】そこで、本実施形態（1）では、図 2 に示すような素子抵抗値の温度特性を考慮して、図 6 に示すように、予め素子抵抗値の変化量の正常範囲を素子抵抗値（素子温度）に応じて設定しておき、現時点の素子抵抗値の変化量がその素子抵抗値における変化量の正常範囲内であるか否かで異常の有無を診断する。以下、マイコン 15 が実行する図 4 及び図 5 のヒータ制御・異常診断ルーチンの処理内容を説明する。

【0033】〔ヒータ制御ルーチン〕図 4 に示すヒータ制御ルーチンは、所定期間（例えば 128ms 周期）で繰り返し実行され、特許請求の範囲でいうヒータ制御手段としての役割を果たす。本ルーチンが起動されると、まずステップ 101 で、現在の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ を前述した素子印加電圧の掃引により検出する。この機能が特許請求の範囲でいう素子抵抗値検出手段としての役割を果たす。そして、次のステップ 102 で、後述する図 5 の異常診断ルーチンを実行して、現在の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ とその変化量 ΔZ_{ac} とに基づいて酸素濃度センサ 11 の異常診断を実行する。

【0034】この後、ステップ 103 で、素子温度を活性温度範囲に昇温・維持するためのヒータ 13 の通電率（ヒータデューティ） $Duty$ を次のようにして算出する。すなわち、ヒータ 13 の通電開始後、素子温度が比較的低い領域では、素子温度の上昇を促進して早期に活性化するために、ヒータデューティ $Duty$ を 100% に設定し、ヒータ 13 の 100%通電制御を実施する。

【0035】その後、センサ素子12がほぼ半活性状態になった時の素子温度（素子抵抗値）に到達した時点で、100%通電制御から素子抵抗値フィードバック制御に移行し、素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ を目標素子抵抗値 Z_{acT} （素子温度を本活性温度に維持するための素子抵

$$GP = KP \cdot \{Z_{ac}(i) - Z_{acT}\} \quad \dots\dots (1)$$

$$GI = GI(i-1) + KI \times \{Z_{ac}(i) - Z_{acT}\} \quad \dots\dots (2)$$

$$GD = KD \times \{Z_{ac}(i) - Z_{ac}(i-1)\} \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 KP は比例定数、 KI は積分定数、 KD は微分定数であり、 $GI(i-1)$ 及び $Z_{ac}(i-1)$ は前回処理時の値である。そして、上記比例項 GP 、積分項 GI 、微分項 GD を積算してヒータデューティ $Duty$ を算出する（ $Duty = GP + GI + GD$ ）。

【0037】この後、ステップ104に進み、上記ステップ103で求めたヒータデューティ比 $Duty$ でヒータ13に通電する。尚、ステップ102で、酸素濃度センサ11の異常有りと判定された場合は、ヒータデューティ $Duty$ を0%としてヒータ13への通電を禁止し、空燃比フィードバック制御を禁止すると共に、警告ランプ（図示せず）を点灯又は点滅させ、運転者に警告する。

【0038】[異常診断ルーチン]図5に示す異常診断ルーチンは、図4のヒータ制御ルーチンのステップ102で実行されるサブルーチンであり、特許請求の範囲という異常診断手段としての役割を果たす。本ルーチンが起動されると、まずステップ111で、前回の異常診断処理から0.5sec経過したか否かにより、異常診断実施タイミングであるか否かを判定する。もし、異常診断実施タイミングでなければ（前回の異常診断処理から0.5sec経過していないければ）、以降の異常診断処理（ステップ112～117）を実行することなく本ルーチンを終了する。

【0039】そして、異常診断実施タイミングになる毎（0.5sec毎）に、ステップ112以降の異常診断処理を次のようにして実施する。まず、ステップ112で、前回の異常診断時（0.5sec前）の素子抵抗値 $Z_{ac}(i-1)$ と今回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ との差を求めて、素子抵抗値の変化量 ΔZ_{ac} を更新する。

【0040】この後、ステップ113で、図6に示す素子抵抗値 Z_{ac} をパラメータとする素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲を示すマップを検索して、前回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i-1)$ に応じた素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲、つまり、酸素濃度センサ11が正常な時の素子抵抗値の変化量 ΔZ_{ac} の上限値 ΔZ_{max} と下限値 ΔZ_{min} を求める。尚、このステップ113で、今回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ に応じた素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の上限値 ΔZ_{max} と下限値 ΔZ_{min} を求めるようにしても良い。

【0041】図2に示すように、素子温度に対する素子抵抗値 Z_{ac} の変化量は、素子温度が高くなるほど小さ

* 抗値)に一致させるように、ヒータデューティ $Duty$ を次のようにして算出する。

【0036】まず、次の(1)から(3)式により比例項 GP 、積分項 GI 、微分項 GD を算出する。

くなるため、図6の素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲のマップ特性は、素子抵抗値 Z_{ac} が小さくなる（素子温度が高くなるほど）、その正常範囲の上限値 ΔZ_{max} と下限値 ΔZ_{min} が小さくなるように設定されている。この素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲を示すマップは、予め、実験データや関数式によって設定され、マイコン15のROMに記憶されている。

【0042】次のステップ114では、素子抵抗値の変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲内か否か、つまり、 $\Delta Z_{min} \leq \Delta Z_{ac} \leq \Delta Z_{max}$ であるか否かを判定することで、酸素濃度センサ11の異常の有無を判定する。ここで、素子抵抗値の変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲内であると判定されれば、酸素濃度センサ11が正常に動作していると判断して、ステップ115に進み、異常発生フラグ $XFAIL$ を酸素濃度センサ11の正常を意味する「0」に維持する。

【0043】一方、ステップ114で、素子抵抗値の変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲外であると判定された場合は、酸素濃度センサ11に異常が発生していると判断して、ステップ116に進み、異常発生フラグ $XFAIL$ を酸素濃度センサ11の異常有りを意味する「1」にセットする。この場合は、前述したように、ヒータデューティ $Duty$ を0%としてヒータ13への通電を禁止すると共に、空燃比フィードバック制御の禁止、警告ランプの点灯、異常コードの記憶等を行う。

【0044】上記ステップ115又は116で異常発生フラグ $XFAIL$ をリセット又はセットした後に、ステップ117に進み、素子抵抗値 $Z_{ac}(i-1)$ の記憶データを今回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ で更新して本ルーチンを終了する。

【0045】以上説明した本実施形態(1)によれば、センサ素子12やヒータ13の断線、短絡等の異常が発生すると、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲から外れることに着目して、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲内か否かにより酸素濃度センサ11の異常の有無を診断するようにしたので、ヒータ電力を検出しなくても、酸素濃度センサ11の異常診断を行うことが可能となり、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサ11の異常診断を行うことができる。しかも、本実施形態(1)のような積層型の酸素濃度センサ11を用いたシステムでは、センサ素子12の昇温過程でも、ヒータ13とセンサ素子

12の温度差が小さいため、ヒータ電力制御を行わなくても、素子抵抗値フィードバック制御により、ヒータ13の過昇温を防止しながら、センサ素子12を活性温度まで速やかに昇温させることができる。

【0046】更に、本実施形態(1)では、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲を素子抵抗値 Z_{ac} に応じて設定したので、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が素子温度(素子抵抗値)に応じて変化するのに対応した適正な診断基準で異常診断を実施することができ、異常診断精度を向上させることができる。しかしながら、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲を素子抵抗値 Z_{ac} に依存しない固定範囲としても良い。

【0047】尚、本実施形態(1)では、素子抵抗値を検出する際に、センサ素子12のマイナス側端子AF-の印加電圧を掃引するようにしたが、プラス側端子AF+の印加電圧を掃引するようにしても良い。

【0048】《実施形態(2)》次に、本発明の実施形態(2)を図8に基づいて説明する。前記実施形態

(1)では、素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} が正常範囲外となったときに酸素濃度センサ11の異常有りと診断するようにしたが、図8に示す本発明の本実施形態(2)では、ヒータデューティが所定値以上である状態が所定時間継続した時の素子抵抗値を、その時点の素子抵抗値の正常範囲を考慮して予め設定した判定値と比較して酸素濃度センサ11の異常の有無を診断するようにしている。

【0049】つまり、酸素濃度センサ11が正常であれば、ヒータ13に比較的大きなデューティで通電し続けると、素子温度が上昇して素子抵抗値が低下する。従って、ヒータ13に比較的大きなデューティで通電し続けても、素子抵抗値が正常に低下しない場合には、例えばヒータの断線、接続不良等によるヒータ13の発熱不良や、素子抵抗値検出系の異常が考えられる。この観点から、本実施形態(2)では、ヒータデューティが所定値以上である状態が所定時間継続した時の素子抵抗値が判定値以下に低下しないときには、酸素濃度センサ11の異常有りと診断する。

【0050】このような本実施形態(2)の異常診断処理は、図8に示す異常診断ルーチンによって次のように実行される。まず、ステップ201で、ヒータ13の通電開始と同時に計時動作するタイマのカウント値から、ヒータ13の通電開始からの経過時間 t を読み込み、次のステップ202で、ヒータ13の通電開始からの経過時間 t が所定時間 T (例えば10sec)以上になったか否かを判定する。もし、ヒータ13の通電開始からの経過時間 t が所定時間 T 未満であれば、ステップ203に進み、異常発生フラグXFAILを「0」にリセットして本ルーチンを終了する。

【0051】その後、ヒータ13の通電開始からの経過時間 t が所定時間 T に達した時点で、ステップ204に

進み、ヒータデューティDutyが所定値 D (例えば100%, 90%, 80%, 70%等の適宜の値)以上か否かを判定する。通常、ヒータ13の通電開始直後は、素子温度が低いためにヒータデューティDutyが100%で制御されるため、所定時間 T 経過した時点で、ヒータデューティDutyが所定値 D 以上であれば、ヒータデューティDutyが所定値 D 以上の状態がヒータ13の通電開始から所定時間 T 以上継続していることになる。この場合には、ステップ205に進み、今回の素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ が判定値 Z 以上か否かを判定する。ここで、判定値 Z はヒータデューティDutyが所定値 D 以上の状態がヒータ13の通電開始から所定時間 T 以上継続した時点における素子抵抗値の正常範囲の上限値よりも少し高い素子抵抗値(つまり製品ばらつきを考慮しても明らかに異常と思われる素子抵抗値、例えば500 Ω)に設定されている。

【0052】従って、このステップ205で、素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ が判定値 Z 以上と判定された場合には、酸素濃度センサ11の異常が発生していると判断して、ステップ206に進み、異常発生フラグXFAILを「1」にセットする。

【0053】一方、ヒータ13の通電開始からの経過時間 t が所定時間 T 経過する前に、ヒータデューティDutyが所定値 D より低下した場合、或は、ヒータデューティDutyが所定値 D 以上の状態がヒータ13の通電開始から所定時間 T 経過する前に素子抵抗値 $Z_{ac}(i)$ が判定値 Z より小さくなった場合は、酸素濃度センサ11の異常が検出されないと判断して本ルーチンを終了する。

【0054】以上説明した本実施形態(2)においても、前記実施形態(1)と同じく、ヒータ印加電圧検出回路・電流検出回路を省いた低コストの回路構成で酸素濃度センサ11の異常診断を行うことができる。

【0055】尚、本実施形態(2)では、ヒータデューティが所定値以上である状態が所定時間継続した時の素子抵抗値を判定値と比較して酸素濃度センサ11の異常診断を行うようにしたが、ヒータ13の通電開始から所定時間継続した時の素子抵抗値を、その時点の素子抵抗値の正常範囲を考慮して予め設定した判定値と比較して酸素濃度センサ11の異常の有無を診断するようにしても良い。

【0056】つまり、ヒータ13の通電開始時は、一般に素子温度が低いために、ヒータデューティDutyが100%で制御されるため、酸素濃度センサ11が正常であれば、ヒータ13の通電開始から時間が経過するに従って、素子温度が上昇して素子抵抗値が低下する。また、高温再始動時で、ヒータ13の通電開始当初から素子温度が高いために素子抵抗値フィードバック制御が行われたとしても、酸素濃度センサ11が正常であれば、ヒータ13の通電開始直後から素子抵抗値が既に十分に

低下した状態となっている。従って、ヒータ 13 の通電開始から所定時間継続した時の素子抵抗値が、正常範囲の上限値を考慮して予め設定した判定値以下に低下しない時には、例えばヒータ 13 の発熱不良や素子抵抗値検出系の異常が考えられるため、酸素濃度センサ 11 の異常有りと診断する。

【0057】尚、前述した 2 つの実施形態 (1)、

(2) の異常診断方法を 1 つの酸素濃度検出システムで行うようにしても良い。

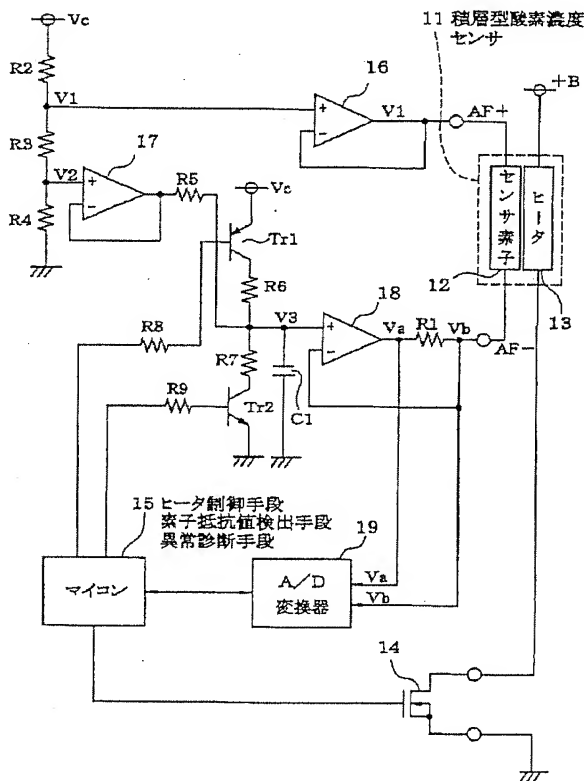
【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態 (1) の酸素濃度検出システムの回路構成を示す電気回路図

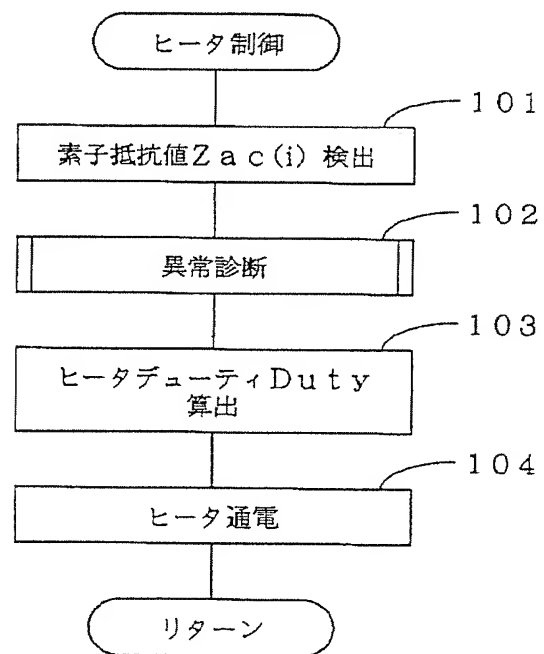
【図 2】酸素濃度センサの素子抵抗値の温度特性を示す図

【図 3】ヒータ制御の挙動を説明するタイムチャート *

【図 1】



【図 4】



* 【図 4】ヒータ制御ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 5】実施形態 (1) の異常診断ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

【図 6】素子抵抗値と素子抵抗値変化量 ΔZ_{ac} の正常範囲との関係を規定するマップを概念的に示す図

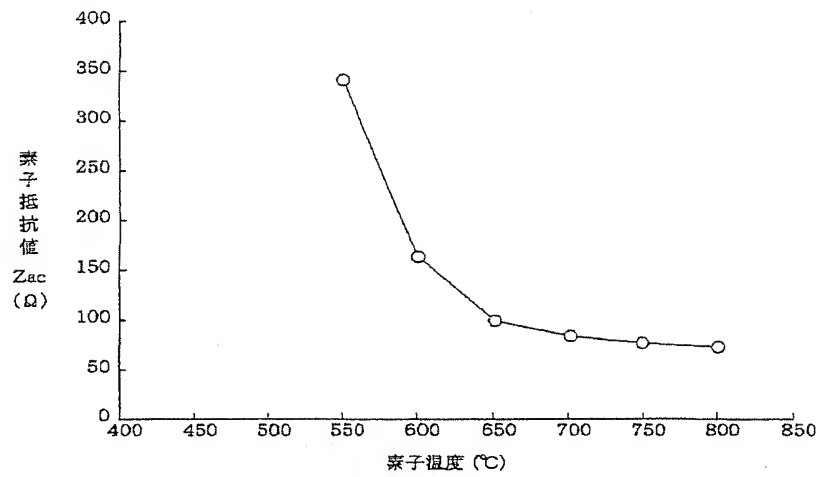
【図 7】素子抵抗値検出時の素子印加電圧の掃引方法を説明するタイムチャート

【図 8】本発明の実施形態 (2) の異常診断ルーチンの処理の流れを示すフローチャート

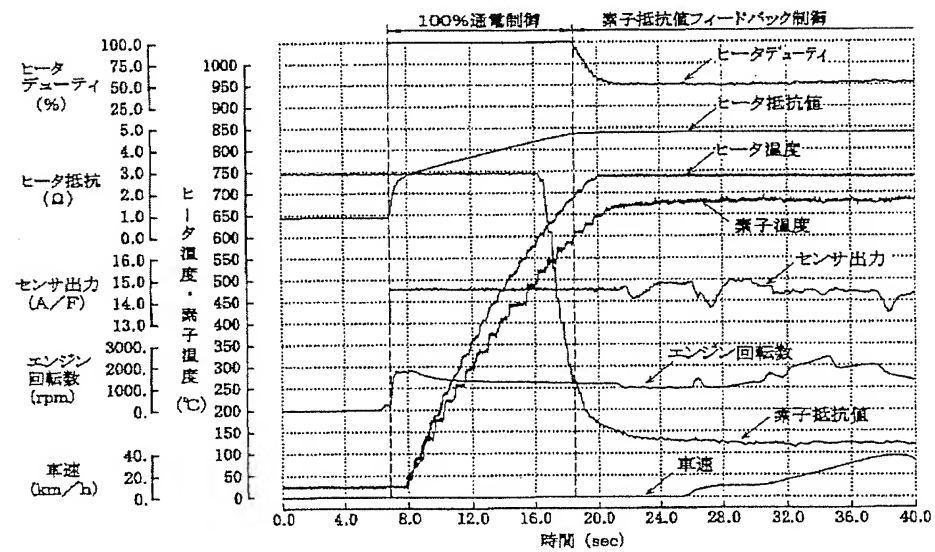
【符号の説明】

11…積層型酸素濃度センサ、12…センサ素子、13…ヒータ、14…MOSFET、15…マイコン (ヒータ制御手段、素子抵抗値検出手段、異常診断手段)。

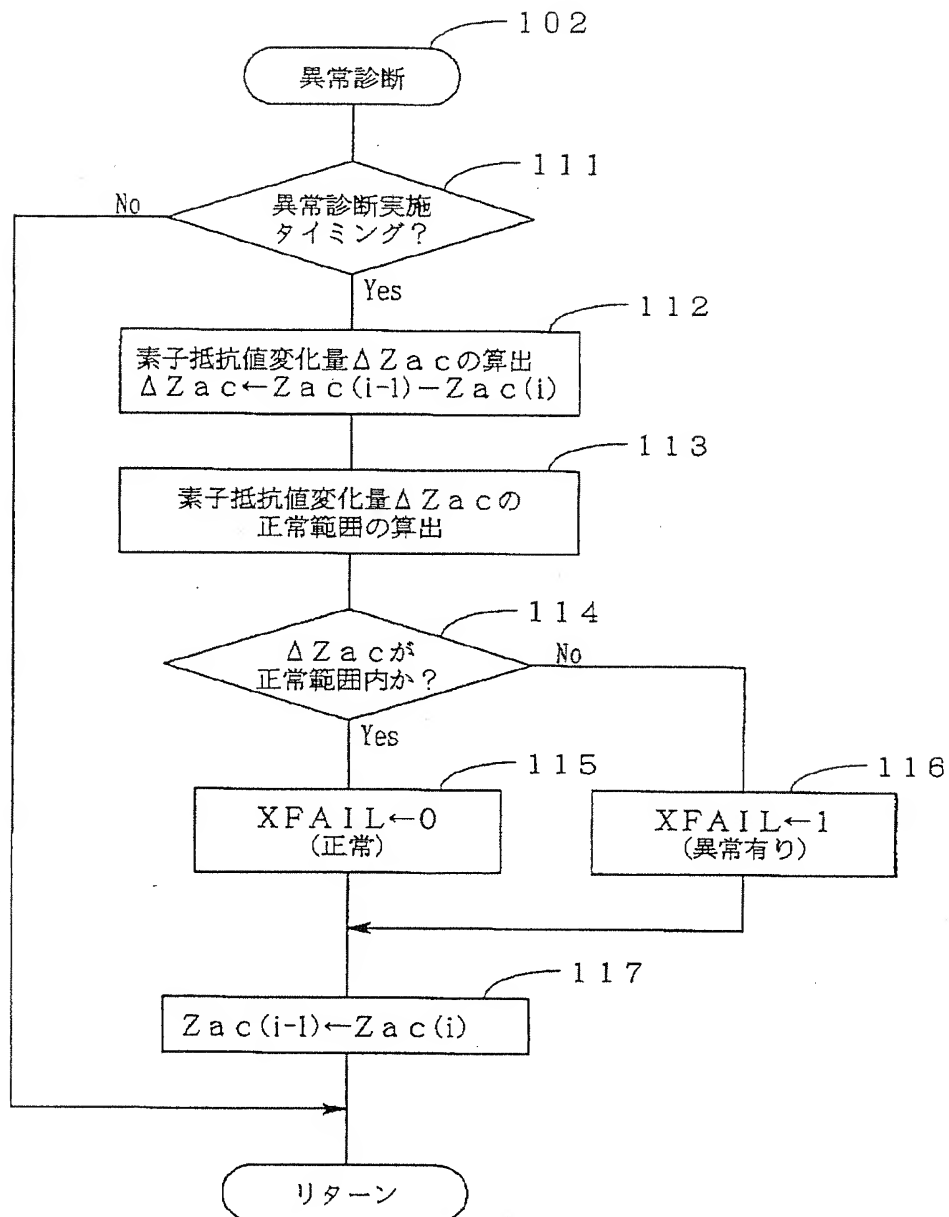
【図2】



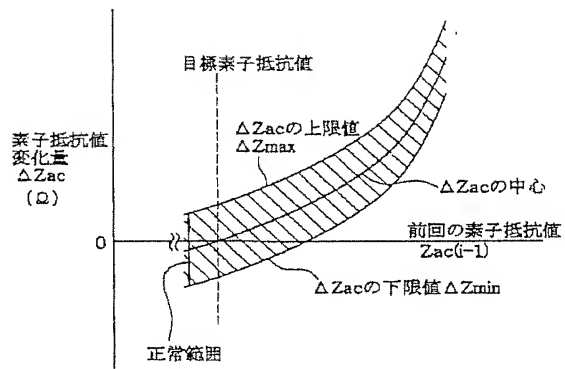
【図3】



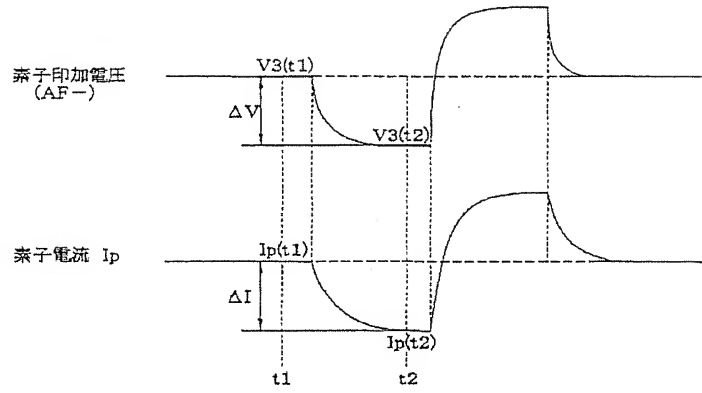
【図5】



【図 6】



【図 7】



【図8】

